

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-094419

(43)Date of publication of application : 07.04.1995

(51)Int.Cl.

H01L 21/205
H01L 21/3065

(21)Application number : 05-232994

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 20.09.1993

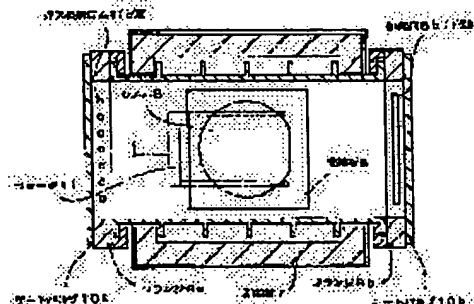
(72)Inventor : WATANABE TOMOJI
HIRASAWA SHIGEKI
MISE NOBUYUKI
UCHINO TOSHIYUKI
NISHIUCHI HIROYO
FUJISAWA ATSUSHI

(54) SEMICONDUCTOR TREATING DEVICE

(57)Abstract

PURPOSE: To enable a film forming device or etching device to perform uniform treatment with high reproducibility.

CONSTITUTION: A film forming device is constituted in such a way that a flat reaction tube is provided in a heating space formed of two parallel plane heaters and a rectangular supporting plate 8 which supports a wafer 3 to be treated and is larger than the wafer 3 is arranged in the heating space. In addition, a gas supplying port 4a and gas discharge port 5b are respectively provided at both ends of the reaction tube so that the direction of a gas flowing through the reaction tube can be switched.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 25.08.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3338884

[Date of registration] 16.08.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3338884号
(P3338884)

(45) 発行日 平成14年10月28日 (2002. 10. 28)

(24) 登録日 平成14年 8 月16日 (2002. 8. 16)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

H 0 1 L 21/205

H 0 1 L 21/205

21/3065

21/302

B

請求項の数 5 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平5-232994

(22) 出願日 平成 5 年 9 月20日 (1993. 9. 20)

(65) 公開番号 (Pub. No.) 特開平7-94419

(43) 公開日 (Pub. date) 平成 7 年 4 月 7 日 (1995. 4. 7)

審査請求日 平成12年 8 月25日 (2000. 8. 25)

(73) 特許権者 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地

(72) 発明者 渡辺 智司

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社

日立製作所 機械研究所内

(72) 発明者 平沢 茂樹

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社

日立製作所 機械研究所内

(72) 発明者 三瀬 信行

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社

日立製作所 機械研究所内

(74) 代理人 100066979

弁理士 鶴沼 辰之

審査官 藤原 敬士

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体処理装置

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 加熱炉内部に反応管を収納し、該反応管の内部に半導体ウェハを収納して加熱し、該反応管内を排気しながらガスを供給してウェハ表面への薄膜の形成または、エピタキシャル成長を行う半導体処理装置において、該加熱炉および該反応管が概略偏平な形状であって、前記反応管は同時に 1 枚乃至 2 枚のウェハを概略水平に保持して処理するものであることを特徴とする半導体処理装置において、ウェハの 1 回の処理サイクル中、あるいは各サイクル毎に加熱炉の設定温度を変更する手段を含んでなることを特徴とする半導体処理装置。

【請求項 2】 反応室内部にウェハを収納し、反応室内を排気しながらガスを供給しかつ収納されたウェハを加熱あるいは冷却してウェハ表面への薄膜の形成、エピタキシャル成長、エッチングを行う半導体処理装置におい

2

て、該反応室は収納されたウェハを挟んで互に対向する位置に少なくとも 2 個の開口部を有し、該 2 個の開口部それぞれにフランジが結合され、このフランジそれぞれの肉厚内に、前記反応室の軸線と垂直方向に形成されたガス供給口と排気口とを有し、該ガス供給口および排気口が各々バルブを介してガス源および真空ポンプに接続されていることを特徴とする半導体処理装置。

【請求項 3】 請求項 2 記載の半導体処理装置において、同じ開口部に接続されたガス供給口と排気口は、該ガス供給口から供給されたガスのほとんどが反応室を経由することなく排気口に直接流れ出すようにガス供給口と排気口が近接して配置されていることを特徴とする半導体処理装置

【請求項 4】 請求項 2 記載の半導体処理装置において、処理の途中で反応室内のガスの流れ方向を切り替え

(2)

3

る手段を有することを特徴とする半導体処理装置。

【請求項5】 反応室内部にウェハを収納し、反応室内を排気しながらガスを供給しかつ収納されたウェハを加熱あるいは冷却してウェハ表面への薄膜の形成、エピタキシャル成長、エッチングを行う半導体処理装置において、該反応室は収納されたウェハを挟んで互に対向する位置にすくなくとも2個の開口部を有し、各開口部はそれぞれガス供給口と排気口とを有し、該ガス供給口および排気口が各々バルブを介してガス源および真空ポンプに接続されていることと、処理の途中で反応室内のガスの流れ方向を切り替える手段を有し、この反応室内のガスの流れ方向を切り替える手段は、ガスの流れを切り替える際に、まず排気口を一方の開口部の排気口から他方の開口部の排気口へ徐々に切り替え、これに続いてガス供給口を該他方の開口部のガス供給口から前記一方の開口部のガス供給口へ徐々に切り替えるものであることを特徴とする半導体処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体製造プロセスにおいて、ウェハ基板表面に金属膜、金属シリサイド膜、酸化膜、窒化膜、あるいは不純物などをドーブしたシリコン膜などの薄膜を形成する熱CVD装置、プラズマCVD装置、ウェハ基板上に単結晶層を成長させるエピタキシャル成長装置、薄膜を所定のパターンにエッチングするドライエッチング装置等の半導体処理装置に係り、特にガス供給とウェハ加熱に配慮した半導体処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 熱CVD、プラズマCVDによって形成される薄膜およびエピタキシャル成長層の厚さや特性は、ウェハや反応室の温度、ガス（原料ガス、反応生成物、中間体、ラジカルなど）の濃度に大きく依存している。また、ドライエッチングでは、エッチングガスをプラズマで分解して得られるラジカルや反応生成物の濃度がエッチング速度に大きな影響を与える。このため、ウェハ温度の均一化とガス濃度の均一化がこれらのプロセスの重要な課題になっている。以下、熱CVD装置を主として従来技術を説明する。

【0003】 熱CVD装置はパッチ式と枚葉式に大別できる。パッチ式の縦形CVD装置は、縦形の円筒加熱炉内に設けた反応管の内部に水平に保持した多数枚のウェハを挿入し、ガスを供給して膜を生成するホットウォール式装置（反応室の壁面全体が高温になる装置）である。通常ガスを反応管の下部から供給するため、ガスが上方に流れる間に反応が進んでガス濃度が変化し上下のウェハ間に膜厚の差ができるので、加熱炉内に温度勾配をつけてその影響を補正していた。また例えば、特開平4-343412号公報には成膜の途中で反応管内を下から上に流していたガスの流れ方向を上から下に切り換

4

えるようにした技術が開示されているし、特開昭63-8299号公報には、平行平板ヒータで構成された加熱炉内にウェハを垂直に保持して処理する技術が示されている。さらに、特開昭63-232422号公報には、縦型の円筒炉内にウェハを水平に挿入して加熱する拡散装置が示されている。

【0004】 枚葉熱CVD装置は水冷された反応室の中で、ランプによって直接ウェハを加熱するか、ヒータあるいはランプ等で加熱されたサセプタ上にウェハを載せて加熱し、ガスを供給して膜を生成するコールドウォール式の装置である。パッチ式と異なりガスの濃度変化によるウェハ間の膜厚ばらつきはないが、ウェハ面内の膜厚分布を低減するため、ウェハを回転させたり、ウェハ上部からシャワー状にガスを供給するといった方法が用いられていた。また例えば、特開平4-255214号公報には、加熱用ランプの形状及び配列を工夫することによりウェハ温度を均一にする技術が示されている。

【0005】 プラズマCVD装置は、サセプタ加熱の熱CVD装置と基本的に同じ構造であり、さらにプラズマを発生させるために上部電極が設けられている。ガスの供給方法には、反応室の側壁に設けた複数の導入口からウェハ中心に向けて供給する方法、上部電極に多数の小さな穴を設けてここからシャワー状にガスを供給する方法があった。また、特開昭63-102312号公報には、ウェハとサセプタの間にHeガスを一定圧力で供給することによりウェハ温度の変動を防止する技術が示されている。

【0006】 ドライエッチング装置は、大きく平行平板形プラズマエッチング装置とマイクロ波エッチング装置に分けられる。平行平板形プラズマエッチング装置は、プラズマCVD装置のウェハ加熱機構が冷却機構に置き換わった装置で供給するガスが異なるだけである。マイクロ波エッチング装置は、平行平板形プラズマエッチング装置から上部電極を取り去り、ここからマイクロ波を導入するための導波管が設けられている。エッチングガスはエッチング室の側面に設けられた複数の導入口からウェハ中心に向けて供給されることが多い。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 これら従来技術による装置には、以下のような問題があった。

【0008】 パッチ式の縦形CVD装置で、加熱炉内に温度勾配をつけてウェハ間の膜厚ばらつきを低減する方法は、何度も試行錯誤を繰り返して最適な炉内温度分布を見つける作業が必要であり、さらに通常のヒータ分割（現状の装置では4ゾーン）では十分に満足できる温度分布が得られない場合があった。これを解決するため、成膜の途中でガスの流れを逆向きに切り替える方法（特開平4-343412号公報参照）が考案されていたが、加熱炉、反応管の構造、およびウェハの位置などがガス流れに対して対称ではないので、ガスの切り替えだ

(3)

5

けでは上下のウエハの膜厚ばらつきを十分に低減することが難しかった。

【0009】コールドウォール式の枚葉熱CVD装置（ランプ加熱、サセプタ加熱いずれも）では、ウエハに対して加熱源の温度をかなり高く設定する必要がある（熱非平衡状態）、ウエハの放射率が変わると（表面に形成された膜の種類や厚さ、あるいは不純物濃度の違いによって、波長に対する特性が変化する。）温度再現性が悪くなるという問題があった。これを解決するため、放射温度計を使ってウエハ温度を直接測定し加熱量を制御する方法が考案されていたが、ウエハ表面に膜が形成されることによって放射率が変化するため、大きな測定誤差が生じ実用的ではなかった。さらに、サセプタ加熱では介在するガスを通じてサセプタからウエハに熱が伝わるため、反応室内の圧力やガスの種類、ウエハとサセプタの隙間などによって伝熱量が変わりウエハ温度が変化するという問題があった。この問題を解決するため、ウエハとサセプタの間にHeガスを一定圧力で供給する方法（特開昭63-102312号公報参照）が考案されていたが、ウエハが浮き上がらないように周辺を押さえる必要があるため、それによってウエハ周辺の温度が下がるという問題があった。また、ランプ加熱、サセプタ加熱の装置は消費電力が大きいという問題があった。これに対しコールドウォール式装置の欠点を解消するものとして、縦形角形炉内に垂直に保持したウエハを挿入して加熱する装置（特開昭63-8299号公報参照）、縦形円筒炉内にウエハを水平に挿入して加熱する装置（特開昭63-232422号公報参照）が考案されていた（いずれもホットウォール式装置）。しかし、ウエハを支える石英治具が温まりにくい、ウエハ面内で治具が接触する部分の温度上昇が遅くなり、温度均一性が悪くなるという問題があった。さらに、ハンドリングの問題からマルチチャンバへの対応が困難であった。

【0010】プラズマCVD装置、ドライエッチング装置において、反応室側壁の複数の導入口からウエハ中心に向けてガスを供給する方式では、ウエハ中心に反応生成物などが滞留しやすい、膜厚やエッチング速度の不均一を生じやすかった。一方、上部電極の穴からシャワー状に供給する装置では、穴の付近でプラズマが異常放電をすることがあった。また、穴の近傍に反応生成物が付着しやすく、異物の発生原因になるという問題があった。

【0011】本発明の目的は、成膜装置あるいはエッチング装置において均一なガス濃度および均一なウエハ温度および温度再現性が得られる装置構造を与え、均一で再現性の良い処理を可能にすることにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記の目的は、熱CVD装置において抵抗加熱によるホットウォール式の枚葉式

6

装置を実現することにより達せられる。具体的には、加熱炉を偏平な形状とし、この加熱炉内に同様に偏平な反応容器を入れ、この反応容器の内部に1枚乃至2枚のウエハを水平に挿入して加熱するとともに、反応容器内にガスを供給してウエハ表面に膜を堆積させることによって達成される。さらに、その各辺がウエハ直径より大きい矩形支持板にウエハを載せて処理することにより達成される。また、反応容器に少なくとも2つの開口部を設け、この開口部に少なくとも2組のガス供給口および排気口を設け、成膜の途中でガスの流れを切り替えて成膜することにより達成される。

【0013】一方、プラズマCVD装置、ドライエッチング装置において反応室に少なくとも2組のガス供給口と排気口とを設け、供給したガスがウエハ上を一方に流れるようにし、成膜あるいはエッチングの途中でガスの流れ方向を切り替えて処理を進めることにより達成される。

【0014】

【作用】熱CVD装置において、

・ホットウォール式であるため、ウエハと加熱炉内壁が熱平衡状態（両者の温度が等しい状態）になり、膜の種類や厚さによらずウエハ温度が一定に保たれ温度再現性が向上する。

【0015】・加熱炉が偏平形状で開口部からの放熱を低減できるため、小形の加熱炉でもウエハ面内の温度均一性がよい。これにより、ウエハを加熱炉内に挿入あるいは引き出すためのハンドリング機構を小型化できる。

【0016】・成膜の途中でガスの流れ方向を切り替えることにより、流れに沿った濃度変化によって生ずるウエハ面内の膜厚分布を低減できる。特に、加熱炉の中心に位置しガスの流れ（反応室のウエハを挟んで互いに対向する開口部を結ぶ線）に垂直な面に対して、反応管、ガス流路および加熱炉の構造が概略対称になっているため、前半と後半の膜厚分布が対称となり、結果として膜厚の均一性が非常に良くなる。

【0017】・矩形支持板の各辺がウエハ直径より大きい、ウエハ周辺で膜厚が厚くなるのを防ぐことができる。また、形状が矩形であるため、ガスの流れに垂直方向のウエハ面内の膜厚分布を小さくすることができる。

【0018】・矩形支持板を常に加熱炉内に入れっぱなしにし、加熱炉内に挿入したウエハをこの支持板に移載して処理するので、ウエハが迅速に温度上昇し温度が均一になり易い。

【0019】・ウエハを概略水平に保持し、水平方向に移動させて加熱炉内に挿入する構造であるため、ハンドリングが簡単で、マルチチャンバ方式への対応が容易になる。また、プラズマCVD装置、ドライエッチング装置において、

・ウエハ表面をガスが一方に流れるため、反応生成物

(4)

7

を速やかに排気できる。このため、ウエハ中央に反応生成物が滞留することがなくなる。

【0020】・ガス導入口および排気口を途中で切り替えガスの流れ方向を変えて処理することにより、ウエハを回転させるのと同じ効果をより簡単に得られ、膜厚あるいはエッチング量の均一化が達成できる。

【0021】・上部電極にガスを流す穴をあける必要がないため電極の構造が単純になり、プラズマ異常放電が起きにくい。

【0022】

【実施例】以下、本発明の第1の実施例を図を用いて説明する。図1は本発明を適用したCVD装置の加熱炉を上方から見た断面平面図、図2は加熱炉を側方から見た断面図である。図示のCVD装置は、軸線をほぼ水平にして配置され両端が開放された扁平な反応管2と、該反応管2の内部にほぼ水平に上下2層に配置された矩形的支持板8と、該反応管2の上下に反応管2を挟んで対向して配置され加熱炉を形成する平板状のヒータ1と、前記反応管2の両端に結合されたフランジ9a、bと、該フランジ9a、bの肉厚内に前記反応管2の軸線と垂直方向にかつ中心から図上上方に向かって形成されたガス供給口4a、bと、同じくフランジ9a、bの中心から図上上方に向かって形成された排気口5a、bと、前記ヒータ1の外側に設けられた断熱材7と、前記フランジ9a、bの外側に結合され該フランジ9a、bの中心開口に当面するゲートバルブ10a、bと、を含んで構成されている。

【0023】本装置では、反応管2の中にウエハ3が水平状態で挿入され、支持板8に載置される。載置されたウエハ3はヒータ1により加熱され、同時にガス供給口4a、bのいずれかからガスを供給しながら、同じく反応管2の両端に形成された排気口5a、bのいずれか（ガスが供給される側とウエハ3を挟んで反対側）から排気してウエハ3の表面に膜を生成したり、エピタキシャル成長を行う。支持板8は、上下2段に設けられており、各支持板8にはそれぞれ1枚のウエハが載置されるようになっていて、ウエハ3は1枚あるいは2枚同時に処理される。ガスはウエハ3の表面にほぼ平行に流れる。ヒータ1は複数に分割され、ウエハ3の温度分布が均一になるように各々発熱量が調整される。ヒータ1の外側には断熱材7が設けられ、周囲への放熱を減らし消費電力を低減するように考慮されている。

【0024】反応管2の両端にはフランジ9a、bを介してゲートバルブ10a、bが設けられ、ウエハ3は一方のゲートバルブ10aを開いた状態で該ゲートバルブ10aを通してフォーク11に載せられて反応管2の内部に挿入される。挿入されたウエハ3はフォーク11から支持板8に移し換えられ、フォーク11を引き抜いた後ゲートバルブ10aが閉じられてガスが流され、成膜が行われる。なお、支持板8はフォーク11の動作範囲を切り

8

欠いてある。

【0025】本実施例のようにウエハを2枚同時に処理する場合は、支持板8は透明な石英製が望ましい。ウエハを同時に1枚処理する場合はシリコン製、SiC製、SiCあるいはポリシリコンがコーティングされた石英製などの不透明な材質でもよい。支持板8の下側には少なくとも3個の脚8a（図示せず）が、フォーク11の動作範囲に干渉しない位置で、かつできるだけウエハ3から離れた位置に設けられる。ウエハを同時に2枚処理するときは、下の支持板8を反応管2の下側壁の内面に置き、その上に上の支持板8を置く。上下の支持板8は一体物として製作してもよい。また、上下のウエハの膜厚を等しくするには（温度が同じだと仮定して）、上側ウエハ3の表面から反応管2上壁内面までの距離と、下側ウエハ3の表面から上側支持板8の下の面までの距離を等しくすることが重要である。これは、ウエハ3の表面に形成される膜の成長速度が、膜が成長する面の面積とその周囲のガスが反応する空間の体積の比に依存するからである。したがって、支持板8の脚8aの長さは、この条件が満たされる長さとなっている。

【0026】また、支持板8と反応管2の材質は同じにする方が望ましい（表面が同じ材質であればよい）。これは、材質によっては他の条件が同じでも成膜速度が異なる場合があるからで、支持板8と反応管2への成膜速度が異なれば、その付近の気体中のガス濃度が変わるから、結果として上下のウエハで成膜速度が変わってしまうことになる。

【0027】図3にヒータ1の分割例を示す。図示の例ではヒータ1は、ウエハの中心に対面するCヒータと、この手前側（ウエハを挿入する側）のFヒータと、奥側のBヒータと、Cヒータの両サイドのSヒータから構成される。F、Bヒータは反応管2の両側に設けられた開口部からの放熱を補うために、Cヒータより発熱密度を高くしてある。また、両サイドのSヒータは、Cヒータよりは高く、F、Bヒータよりは低い発熱密度にしてある。中央部のCヒータは概略ウエハと同じ大きさにすることが望ましい。

【0028】図4に反応管形状の一例を示す。成膜中は反応管2の内部は数Torr以下に減圧されるため、反応管2は1気圧の外圧に耐えなければならない。本実施例のCVD装置で径200mmのウエハ3を2枚同時に処理する場合、反応管2の内部寸法として幅300mm×奥行き500mm×高さ40mm程度の大きさが必要となる。反応管2は石英で製作されることが多いが、この大きさに1気圧の外圧に耐えるには、反応管2の厚さは少なくとも10mm以上必要である。しかも、10mmの厚さでは、側面中央に石英の引張強度とほぼ同じ引張応力が生ずるため安全率が1となり、製作時に欠陥があれば破損する恐れが高い。パッチ式と同程度の強度（パッチ式の縦形CVD装置では反応管の形状を円筒状にできた

(5)

9

め、4～6mm程度の厚さで安全率3～5程度の強度が容易に得られる)を得るには、反応管2の厚さを20mm以上にしなければならなかった。しかし、このような厚い石英板を溶接して反応管2を製作することは実現困難であった。本実施例の反応管2は図4に示すように外側に一定間隔で石英の補強リブ2aを環状に設け、石英製の反応管本体に溶接したものである。このような構造にすることによって、反応管2の側面に生ずる応力を低減できる。

【0029】図5に反応管2の内側に石英の補強板21を入れた他の実施例を示す。補強板21は石英の他、SiC、Si等の耐熱性材料で作ってもよい。補強板21は平板状に形成され、その両端はフランジ9a、bに固定ブロック22で固定され、補強板21の反応管内面に対向する面に設けた突起21aが、反応管2の内面中央部に接触するように反応管内面に平行に保持される。補強板21の厚さは使用する材料によって適当な厚さが選ばれる。外圧によって反応管2に生ずるたわみは中央部が最も大きくなるため、ここを補強板21で支持することで反応管2の側面に生ずる応力を低減できる。

【0030】本発明の一つの要点である加熱炉を扁平な形状にする理由は、それによって開口部を小さくして放熱を低減し、小さな加熱炉でもウエハ3の温度を均一にできるからである。ここで、図1及び図2に示すCVD装置において、炉内長(ウエハの挿入方向に対して断熱材の内側から内側までの長さ)と開口部の高さの比が少なくとも5より大きくなる程度に開口部の高さを低くした扁平形状が望ましい。次に、開口部の高さを低くするための加熱炉構造について説明する。図6は本発明の加熱炉の構造を示す外形図である。一体型の加熱炉の場合、図4および5に示した反応管2を炉内に入れるためには、少なくとも補強リブが通る大きさの開口部が必要である。しかし、図6に示すように加熱炉を複数に分割することによって、開口部を補強リブより小さくすることができる。図6の(a)に示す実施例はヒータ1からなる加熱炉本体と、その軸方向両端に付けた断熱板12から構成されており、断熱板12は上下に2分割されている。反応管2は断熱板12をはずした状態で炉内に挿入され、そのあとで断熱板12が加熱炉本体1に固定金具13により取り付けられる。上下の断熱板12の隙間(炉口14)は、補強リブ2aを除いた反応管2本体が通る大きさにしてある。断熱板12は固定金具13により加熱炉本体に脱着可能に取り付けられる。図6(b)は加熱炉本体が上下に2分割され、上側ヒータをはずし下側ヒータに反応管2を設置し、上から上側ヒータをかぶせて加熱炉を構成するようにした例である。

【0031】図7は図1に示した実施例のガス供給系と、排気系の系統図である。反応管2の軸方向両側にフランジ9a、bを設け、フランジ9aにガス供給口4aと排気口5aが、フランジ9bにガス供給口4bと排気口5bが、

10

それぞれ取り付けられている。ガス供給口4a、bはバルブ17a、bを通してガス源15に、排気口5a、bはバルブ17c、dを通して真空ポンプ16に各々接続されている。ウエハ3は反応管2の中に挿入して加熱され、ウエハ3が所定の温度に達した後で所定時間ガスが流されて成膜が行われる。

【0032】成膜の前半では、バルブ17a、17dを開け、バルブ17b、17cを閉じてガスが供給される。この時は反応ガスは図中の黒い矢印のように反応管2内を左から右に流れる。成膜の前半が終了したら次に、バルブ17aおよび17dが閉じられ、バルブ17b、17cが開かれる。その時、ガスは図中の白い矢印のように反応管2内を右から左に流れる。

【0033】成膜時間を短くするという点からは、バルブ17a、b、c、dの開閉切り替えを短時間で行う方が望ましいが、反応管2内の圧力およびガスの流れが急激に変化して反応管2の開口部付近に付着した反応生成物が剥離するなどの問題が生ずる場合もある。この場合には以下の手順でガスを切り替える。

【0034】(1) 排気口5aを徐々に閉じ、排気口5bを徐々に開ける。

【0035】(2) 排気口5aが完全に閉じ、排気口5bが完全に開いたら、ガス供給口4aを徐々に開け、ガス供給口4bを徐々に閉じる。

【0036】(3) この間、圧力センサ23で反応管2内の圧力を測定し、ガスコントローラ24は反応管2内の圧力が一定になるようにバルブ17a、b、c、dの開度を調整する。

【0037】反応管内のガスの流れ方向を切り替えない場合の、ウエハに形成される膜の成膜速度分布を図8に示す。NH₃とSiH₂Cl₂を用いてSi₃N₄膜を付けた場合の、成膜速度分布を計算で求めた結果である。dxはガス入り口からガス流れ方向に距離xの位置での膜厚、dofはガス入り口での膜厚をそれぞれ示す。ガスの流速を早くして(流量を増やして)、供給したガスの中で反応で消費される割合を少なくすれば、例えば一点鎖線で示されるように、ほぼ均一な膜厚分布が得られるが、

(1) ガスを多量に消費する。

【0038】(2) ガスでウエハが冷却され面内の温度均一性が損なわれる。

【0039】等の問題がある。

【0040】ガスの流れを途中で切り替えた場合の同様の計算結果を図9に示す。図から成膜の前半と後半の成膜速度分布が重ね合わされることにより、より低いガス流量(流速12.0m/sec)で均一な厚さの膜が得ることがわかる。ここで特に膜厚分布を均一にするのに重要な点は、前半と後半の成膜速度分布を中心位置に対して対称にすることである。これには、装置の構造を対称にし、ガスの流れ、濃度、温度分布等を、ウエハの反応管軸方向中心位置に対して対称にすることが重要であ

(6)

11

る。本実施例に示す枚葉CVD装置では、ヒータ1および反応管2の構造が反応管軸方向中心位置に対して完全に対称になっているため、膜厚の均一性が従来より格段に良くなる。

【0041】ガスの切り替え周期は、仮にウェハ3の温度が定常に達していれば、成膜の前半と後半で切り替えるだけでよい。しかし後述するようにウェハ3の温度が成膜中にも変化していく場合には、より短い周期で切り替える必要がある。

【0042】図10は本発明の第2の実施例を示し、縦形CVD装置において、開口部を2つ有し加熱炉および反応管2の構造を上下対称とした例である。図10に示す実施例は反応管2の上側にも下側と同様に開口部を設け、上側開口部と下側開口部にキャップ18が取り付けられている。ウェハ3は従来の装置と同様に下から挿入され、その下には上側と同じキャップ18が取り付けられる。ヒータは例えば4ゾーン分割とし、中央部の2ゾーンと端の2ゾーンに分け、ウェハの温度分布が上下対称になるようにしている。また、ガスの流れは前半下から上へ流れるようにした場合、後半は上から下へ流れるようにする。構造が上下対称になっているので重力の影響以外は全く上下対称の流れである（低圧プロセスであるため重力の影響は小さい）。これによって先に示した第1の実施例の枚葉CVD装置と同様にウェハ間の膜厚均一性が向上する。

【0043】なお、上記の二つの実施例では反応管2に2つの開口部がある場合について説明したが、開口部が3箇所以上あって適時ガスの供給口および排気口をかえ、ガスの流れ方向を3方向以上に变化させてもよい。例えば、中央にガス供給口4cを設け、このガス供給口4cからガスを供給し、両端の排気口5a、bから排気する工程を前記の2つの工程に加えてもよい。これによってウェハ3中央での膜厚の低下を補正し、さらに膜厚分布を均一にできる。

【0044】また、ガスの拡散が速い場合には、枚葉CVD装置では図11に示すように、バルブ17a、b、c、dを全て開放し、ガス供給口4a、4bから導入したガスが排気口5a、5bからすぐに排気されるようにし、ウェハ3へは拡散だけでガスが供給されるようにしてもウェハ3面内の膜厚は均一になる。

【0045】さらに、本実施例では図1に示すように支持板8が矩形であるため、ガスの流れ及び流れに沿ったガス濃度の分布がウェハ中央と端（図1では上側あるいは下側）でほぼ同じになる。このため、流れに垂直な断面におけるウェハ面内の膜厚分布が小さくなる。また、先に説明したように、2枚のウェハ3を同時に処理する場合、上側ウェハ3の上面と反応管2の上壁内面と、下側ウェハ3の上面と上側支持板8の下面の間隔を等しくする必要がある。これにより、上下のウェハ3に対するガス流れ及びガス濃度がほぼ同じになり、2枚のウェハ

12

の膜厚差を小さくできる。

【0046】次に、ウェハ面内の温度分布を低減する方法について説明する。図1に示す枚葉CVD装置内にウェハ3を挿入した時のウェハの温度（図の（a））と、ヒータの温度（図の（b））およびウェハの中央を基準にした温度差（図の（c））の時間変化を図12に示す（径200mmのウェハを炉内に挿入し、定常状態に達した時点でウェハ温度偏差が所定温度に対し $\pm 1^{\circ}\text{C}$ の範囲に入るようにヒータ設定温度を調整した場合）。ウェハ3の温度は加熱炉内に挿入した直後は急激に上昇し、約1分でほぼ定常温度に達し、さらにその後徐々に上昇して炉内温度に近づく。ヒータは冷たいウェハ3が挿入されるため一旦温度が下がり、数分間経過した後で元の温度に回復している。ここでウェハ3に直接正対するCヒータの温度低下が最も大きい。これらが原因となってウェハ3は奥および側方の温度上昇が速く、続いて手前、中央と言う順序になる。

【0047】ウェハ3の温度分布を低減するには、中央の温度上昇を速くすることが効果的である。したがって、例えばウェハ3が挿入される時点まで、Cヒータの設定温度を高くしておく、あるいはB、Sヒータの設定温度を低くしておくといよい。このような温度制御を行った場合のウェハ3の温度変化を図13に示す。ウェハ中央の温度上昇が速くなり、成膜を開始する時点でのウェハ面内の温度分布が小さくなっている。

【0048】ここでは各ヒータの設定温度をウェハ3を挿入する時点で切り替える例について述べたが、これ以外の時点でもよく、また1回の処理中に複数回ヒータ設定温度変更を行ってもよい。

【0049】その一例を図14～17に示す（1サイクル＝6分30秒）。

【0050】これは、

(1) 1枚目のウェハが入る前に設定温度を変更する。（周辺ヒータB、F、Sの温度を下げ、中央ヒータCの温度を上げる。）

(2) ウェハが挿入されてから一定時間経過後設定温度を元に戻す。

【0051】(3) ウェハ引出の一定時間前（2枚目のウェハが入る前）に、1枚目のウェハが入る前と同様に設定温度を変更する。

【0052】(4) 上記(1)から(2)の手順を繰り返す。

【0053】という手順（以後、この手順に基づいてヒータ設定温度を変更した場合において、それぞれ設定温度が一定の間をイベントと呼ぶ）からなり、あらかじめ各ヒータの設定温度の変更パターンは決めておく（フィードフォワード制御）。

【0054】また、図12よりウェハを挿入した後、ヒータ温度が定常状態に回復するのに5～6分かかることがわかる。これ以下の時間で処理が繰り返されると、2

(7)

13

回目以降の処理では徐々に炉内温度が変化する(多くの場合は下がる。)。このため、処理回数によってヒータの設定温度を徐々に上げ、処理温度の低下を補正する必要がある。この方法の一例を図18に示す。ただし、 $P(i, j)$ は第*i*枚目のウェハに対する処理、第*j*番目のイベントを指すものとする。

【0055】設定温度の決め方は、

(1) 処理*n*、イベント*j* - 1の終了時点でのヒータ温度 $T_m(n, j - 1)$ と、1枚目のウェハの処理の同時点におけるヒータ温度 $T_m(1, j - 1)$ の差 ΔT_m (10
 $(n, j - 1)$ を求める。

【0056】(2) 上記の温度差 $\Delta T_m(n, j - 1)$ から適当な係数 $a(j)$ 、 $b(j)$ を用いて、次式より補正值 $\Delta T_{set}(n, j)$ (最終イベントでは $\Delta T_{set}(n + 1, 1)$)を求め、これに続くイベント $P(n, j)$ (最終イベントでは $P(n + 1, 1)$)の設定温度 $T_{set}(n, j)$ (最終イベントでは $T_{set}(n + 1, 1)$)を求める。

【0057】となり、式で表せば

$T_{set}(n, j) = T_{set}(1, j) + \Delta T_{set}(n, j) = T_{set}(1, j) + a(j) \times \Delta T_m(n, j - 1) + b(j)$ となる。

【0058】図18はB(奥側)ヒータに対し第2および第4イベント終了時点で上記の制御を行った例であり、他のヒータについても同様の制御を行えばよい。

【0059】次に、熱CVD装置以外に本発明のガス供給方法を適用した実施例を示す。図19に本発明によるプラズマCVD装置の断面を示す。図示の装置は、両端が閉じられた円筒状をなし軸線を縦にして配置された反応室26と、該反応室26にウェハ載置面を水平にして内装されたサセプタ26と、該サセプタ26のウェハ載置面に電極面を対向させて配置された上部電極27と、該上部電極27の電極面の延長面とサセプタ26のウェハ載置面の延長面が反応室26の壁面と交わる線と挟まれた反応室26の壁面部分に形成された複数の開口と、該複数の開口それぞれに接続されたガス供給口4a, b, c, d, …及び排気口5a, b, c, d, …とを含んで構成されている。サセプタ26のウェハ載置面の下方には、ヒータ1が配置されている。

【0060】上記構成の装置において、ヒータ1を組み込んだサセプタ25の上(ウェハ載置面)にウェハ3を載せてヒータ1で加熱し、反応室26の側壁に設けたガス供給口4aからガスを供給し、排気口5bから排気し、上部電極27とウェハ3の間に高周波電圧を供給してプラズマを発生させて、ガスを分解しウェハ3の表面に膜を形成する。成膜の途中でガス供給口4bからガスを供給し、排気口5aから排気するようにガスの流れを切り替える。これにより、ウェハ3上のガスの流れにより反応に伴って発生する反応生成物を速やかに排気することができ、さらにウェハ3面内の膜厚分布も小さくで

14

きる。さらに、ガスをガス供給口4cから供給し、手前右側に位置する排気口5f(図示せず)から排気する行程、ガス供給口4dから供給し、手前左側に位置する排気口5e(図示せず)から排気する行程、および各々その反対方向にガスを流す行程を追加してもよく、特にガス供給口および排気口の数进行を限定するものではない。なお、何らかの理由でホットウォール式のCVD装置が利用できないプロセスには、図10に示すプラズマCVD装置から上部電極27を除いた熱CVD装置を用いれば膜厚の均一化に効果がある。

【0061】図20は本発明による平行平板形プラズマエッチング装置の断面を示す図である。図示の装置は、図19に示した装置のサセプタ26に代えて、上面をウェハ載置面を兼ねる電極面とした下部電極28を設けたもので、該ウェハ載置面下方の下部電極内に、冷媒流路29が形成されている。他の構成は図19に示した装置と同様なので同様の符号を付し、説明は省略する。上記構成の装置において、下部電極28のウェハ載置面(電極面)にウェハ3を載せ、反応室26の側壁に設けたガス供給口4aからエッチングガスを供給し、排気口5bから排気し、上部電極27とウェハ3の間に高周波を供給してプラズマ発生させて、エッチングガスを分解しウェハ3の表面に形成された膜をエッチングする。下部電極28に設けられた冷媒流路29に冷媒が流され、ウェハ3が所定の温度になるように冷却される。エッチングの途中でガス供給口4bからエッチングを供給し、排気口5aから排気するようにガスの流れを切り替える。これにより、プラズマCVD装置と同様に反応生成物を速やかに排気でき、ウェハ3面内のエッチング速度の分布も小さくなる。さらに、プラズマCVD装置の実施例で述べたように、これとは異なった方向からガスを流す行程を加えてもよい。

【0062】図21はSTC(Stacked Capacitor)構造のDRAMセルの模式図である。このようなDRAMの製造プロセスにおいて、本発明による熱CVD装置を用いて形成される膜には、ゲート電極配線に用いられるポリシリコン膜あるいはリンドープポリシリコン膜、層間絶縁膜として用いられるリンガラス膜、キャパシタ絶縁膜として用いられる Si_3N_4 膜などがある。この中で特に最近膜厚の均一化が必要になっているのはキャパシタの形成行程で、絶縁膜 Si_3N_4 の薄膜化と自然酸化膜を抑制することが重要な課題になっている。本発明による成膜装置、エッチング装置を用いて、このキャパシタの形成行程に対する有効性について説明する。本発明による枚葉熱CVD装置の基本性能として、従来の装置よりウェハ間の温度やガス濃度のばらつきによる膜厚の不均一が小さいため、キャパシタ膜の厚さをより薄く設計しキャパシタの蓄電容量を増やすことができる。さらに、本発明によるCVD装置、エッチング装置を組み合わせることでマルチチャンバ装置(複数の処理装置を中央チャ

(8)

15

ンパに接続し、その中に配置されたハンドリングロボットによってウェハを各処理装置に挿入し、成膜やエッチング等の処理を連続して行う装置。ウェハを大気にさらすことなく連続して処理を行える。)を構成し、(1)熱CVD装置で第2層ゲート電極配線のポリシリコンの成膜を行い、(2)エッチング装置で第2層ゲート電極配線を所定のパターンにエッチングし、(3)その上に熱CVD装置でキャパシタ絶縁膜 Si_3N_4 膜の成膜を行い、(4)さらに次の反応室で第3層ゲート電極配線のポリシリコンの成膜を行う、という手順でウェハを大気に触れさせずにキャパシタを形成することにより、ポリシリコンゲート電極配線とキャパシタ絶縁膜 Si_3N_4 の間に自然酸化膜が成長せず、さらにキャパシタの蓄電容量のばらつきを小さくするのに効果的である。このように、本発明による成膜あるいはエッチング装置を用いることにより、キャパシタの蓄電容量を増やすことが可能になり、これによってDRAM動作時のSN比が向上し、かつリフレッシュ時間を長くすることができる。

【0063】

【発明の効果】本発明によれば、CVDプロセスにおける成膜時のウェハ面内およびウェハ間の膜厚の均一性、膜質の均一性を向上できる。また、原料ガスおよび電力の消費量を減らすことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例の加熱炉を上方から見た水平断面図である。

【図2】本発明の第1の実施例の加熱炉を側方から見た縦断面図である。

【図3】本発明の第1の実施例のヒータ分割を示す斜視図である。

【図4】本発明の第1の実施例の反応管の形状を示す斜視図である。

【図5】本発明の第1の実施例の反応管の形状の他の例を示す斜視図である。

【図6】本発明の第1の実施例の加熱炉の構造例を示す平面図及び側面図である。

【図7】本発明の第1の実施例のガス供給系と、排気系の系統図である。

【図8】本発明の第1の実施例においてガスの流れを成膜の途中で切り換えない場合のウェハに形成される膜厚分布を計算した結果を示すグラフである。

【図9】本発明の第1の実施例においてガスの流れを成膜の途中で切り替えた場合のウェハに形成される膜厚分布を計算した結果を示すグラフである。

【図10】本発明の第2の実施例である、ガスの流れを成膜の途中で切り替える縦形CVD装置の断面図である。

【図11】本発明の第1の実施例において拡散が速い場

16

合のガスの供給方法の例を示す図である。

【図12】本発明の第1の実施例におけるウェハおよびヒータの温度変化の例を示すグラフである。

【図13】本発明の第1の実施例においてフィードフォワード制御を行った場合のウェハおよびヒータの温度変化の例を示すグラフである。

【図14】本発明の第1の実施例におけるフィードフォワード制御の奥側ヒータの温度パターン例を示すグラフである。

【図15】本発明の第1の実施例におけるフィードフォワード制御の中央ヒータの温度パターン例を示すグラフである。

【図16】本発明の第1の実施例におけるフィードフォワード制御の手前側ヒータの温度パターン例を示すグラフである。

【図17】本発明の第1の実施例におけるフィードフォワード制御の横側ヒータの温度パターン例を示すグラフである。

【図18】本発明の第1の実施例における連続処理の場合の温度制御パターン例を示すグラフである。

【図19】本発明をプラズマCVD装置に適用した実施例の断面図である。

【図20】本発明を平行平板形プラズマエッチング装置に適用した実施例の断面図である。

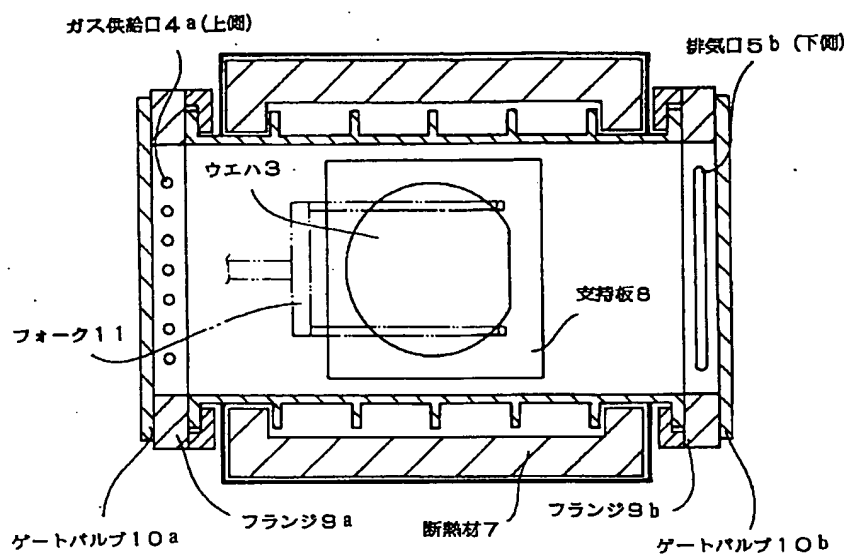
【図21】STC (Stacked Capacitor) 構造のDRAMセルの模式図である。

【符号の説明】

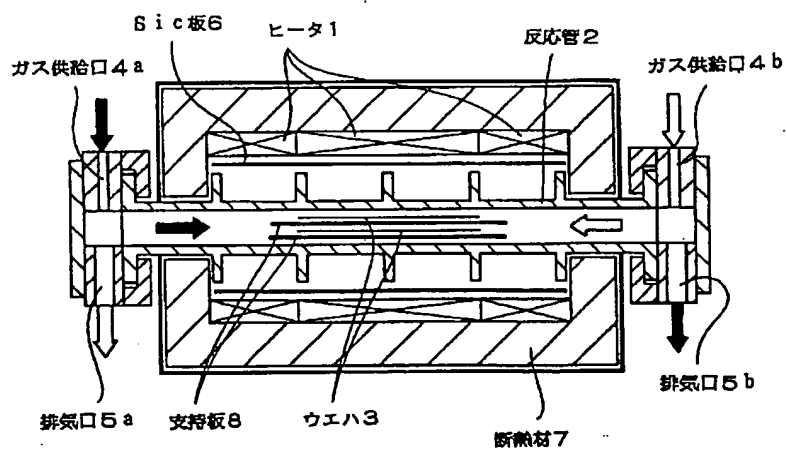
1 ヒータ	2 反応管
2 a 補強リブ	3 ウェハ
4 a、b、c、d ガス供給口	5 a、b、c、d 排気口
6 SiC板	7 断熱材
8 支持板	9 a、b フランジ
10 a、b ゲートバルブ	11 フォーク
12 断熱板	13 固定金具
14 炉口	15 ガス源
16 真空ポンプ	17 a、b、c、d バルブ
18 キャップ	21 補強板
21 a 突起	22 固定ブロック
23 圧力センサ	24 ガスコン
25 サセブタ	26 反応室
27 上部電極	28 下部電極
29 冷媒流路	

(9)

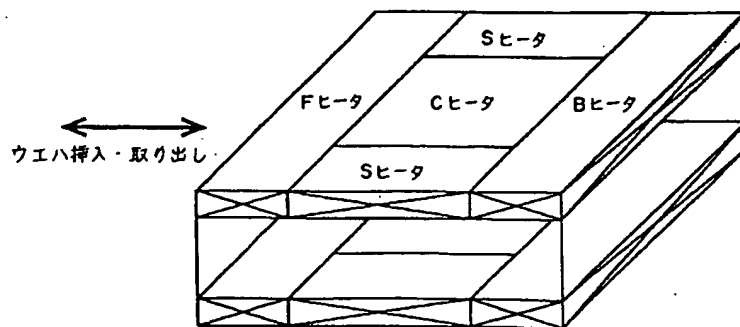
【図1】



【図2】

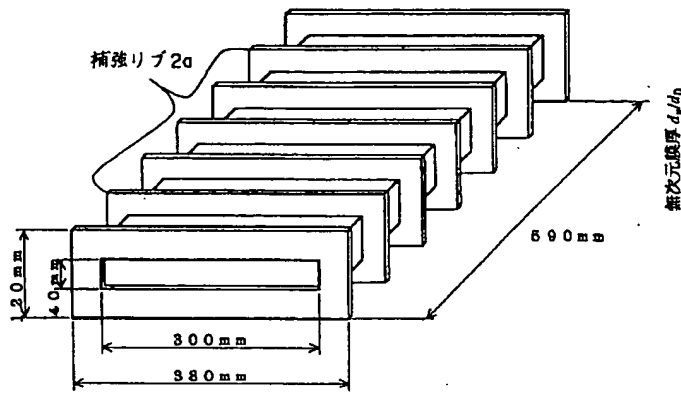


【図3】

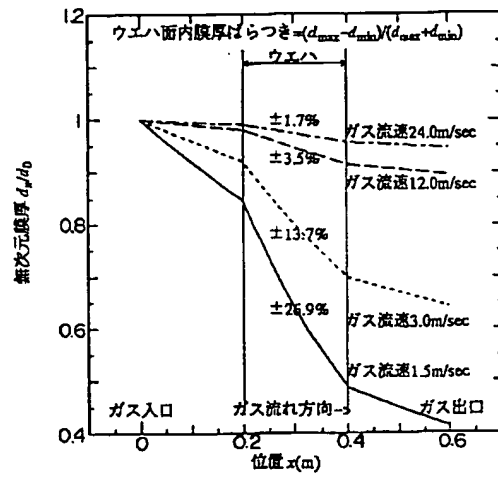


(10)

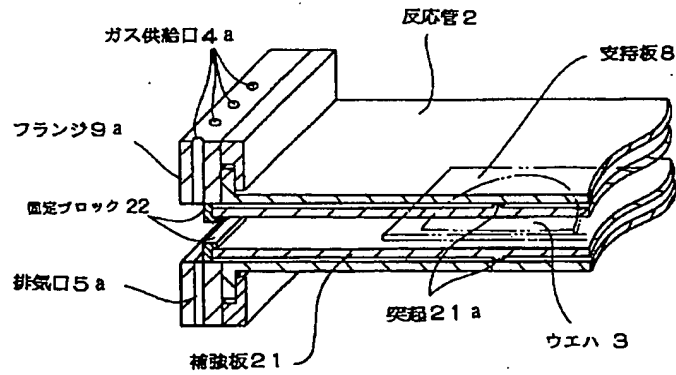
【図4】



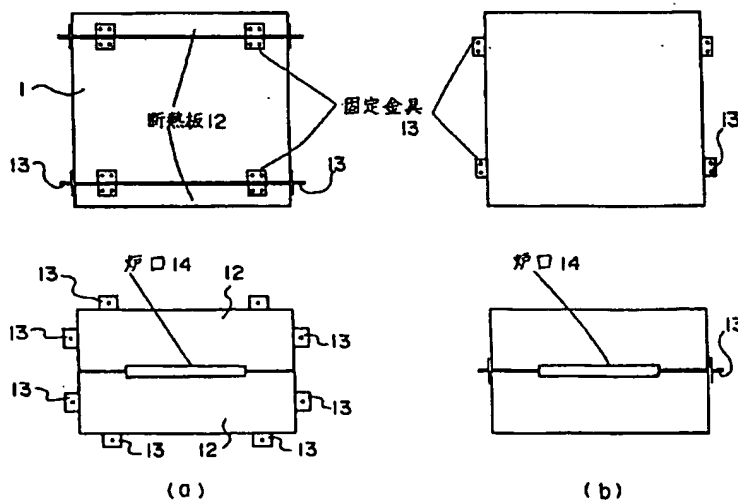
【図8】



【図5】

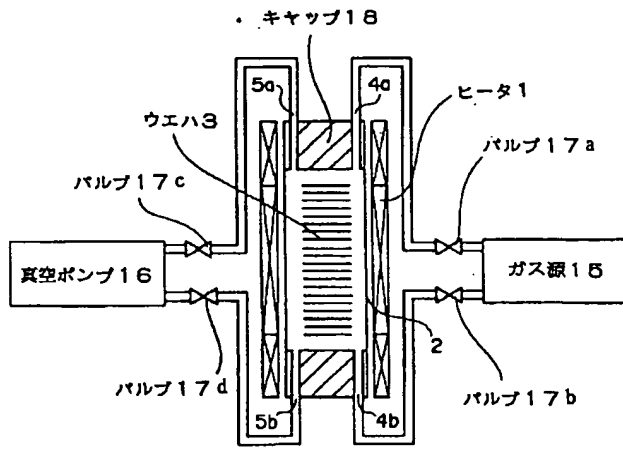


【図6】

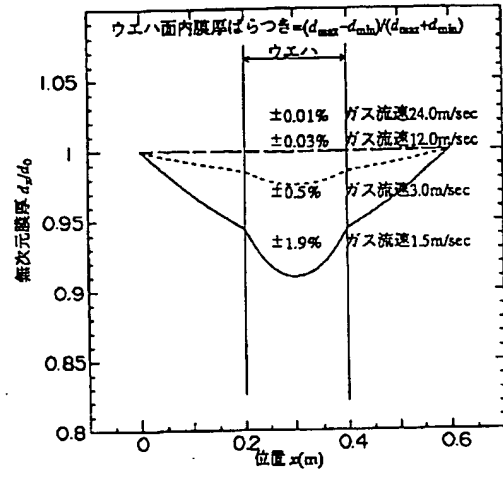


(11)

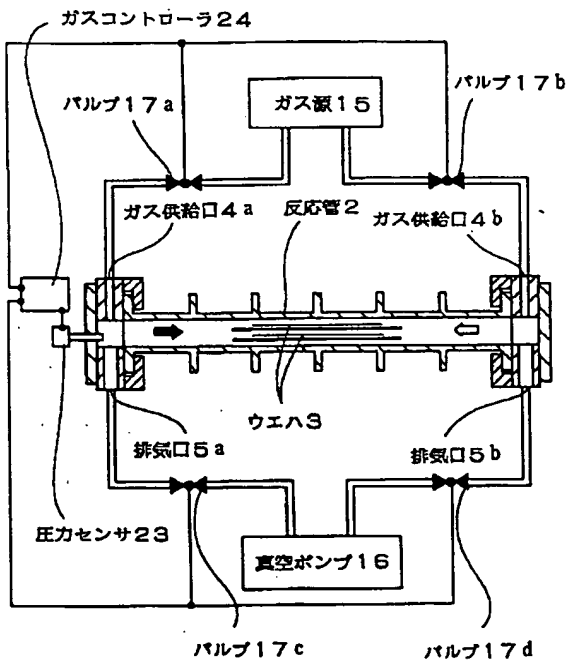
【図10】



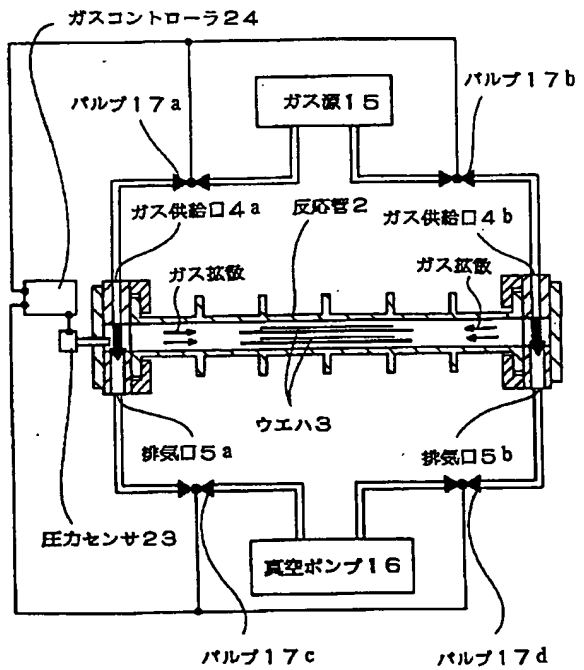
【図9】



【図7】

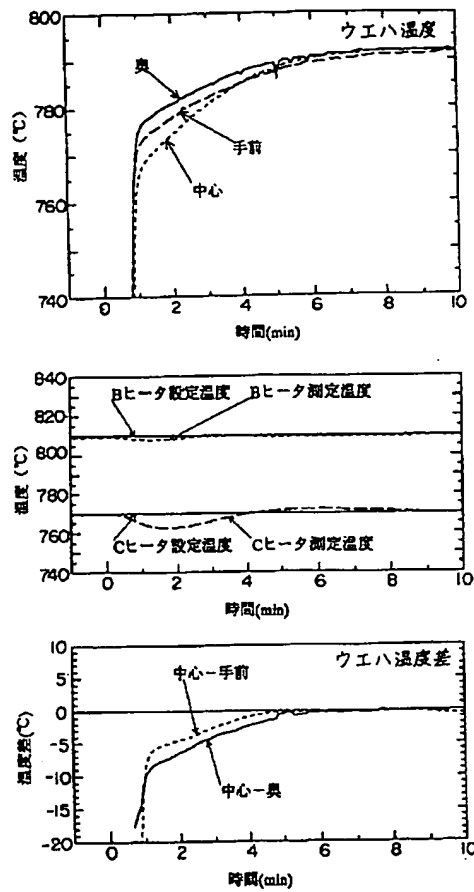


【図11】

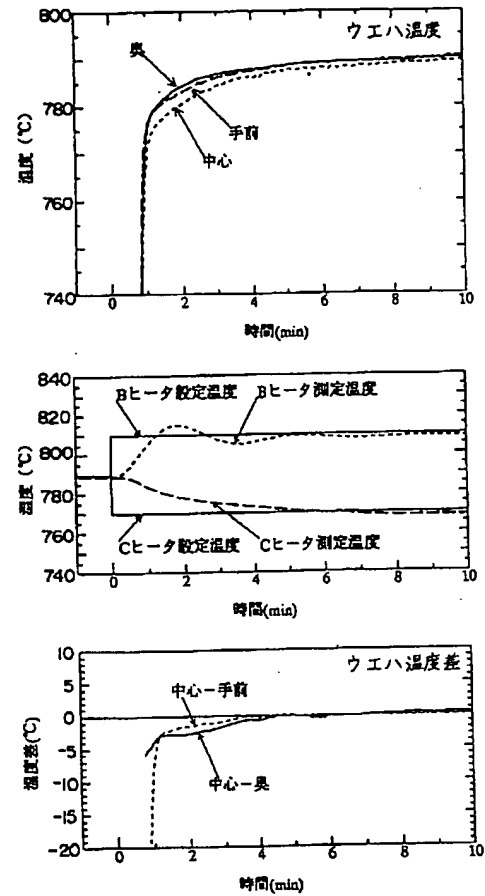


(12)

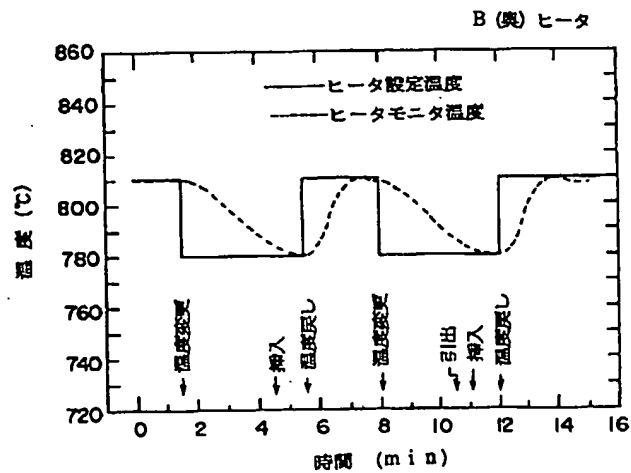
【図12】



【図13】

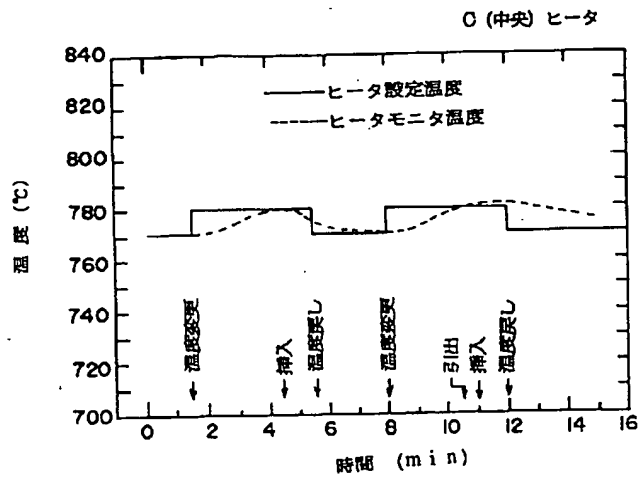


【図14】

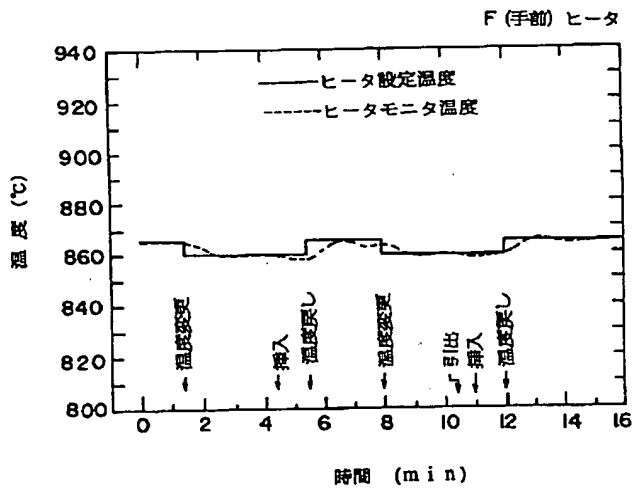


(13)

【図15】

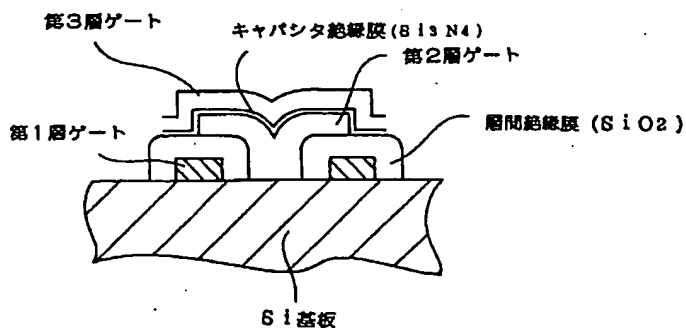


【図16】

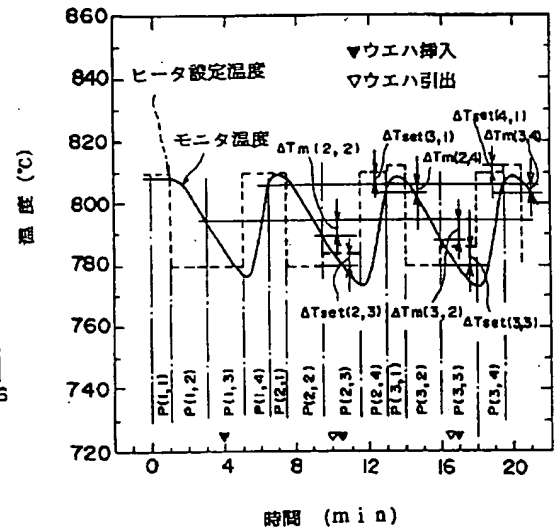


【図21】

STC (Stacked Capacitor) - DRAMの構造

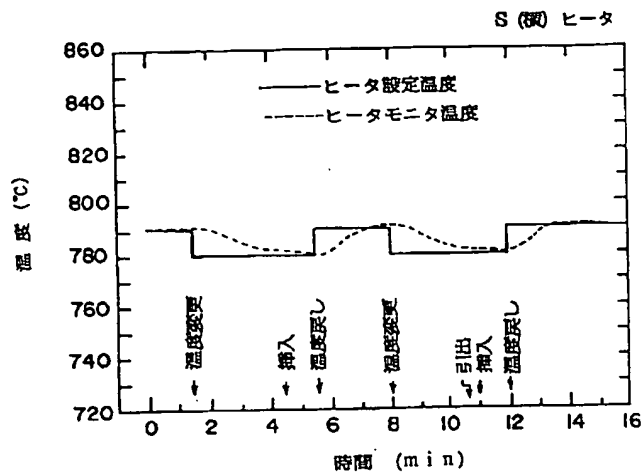


【図18】

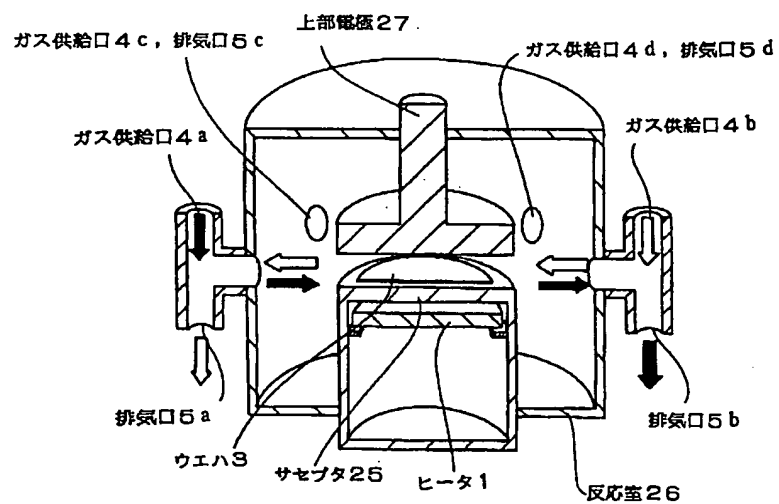


(14)

【図17】

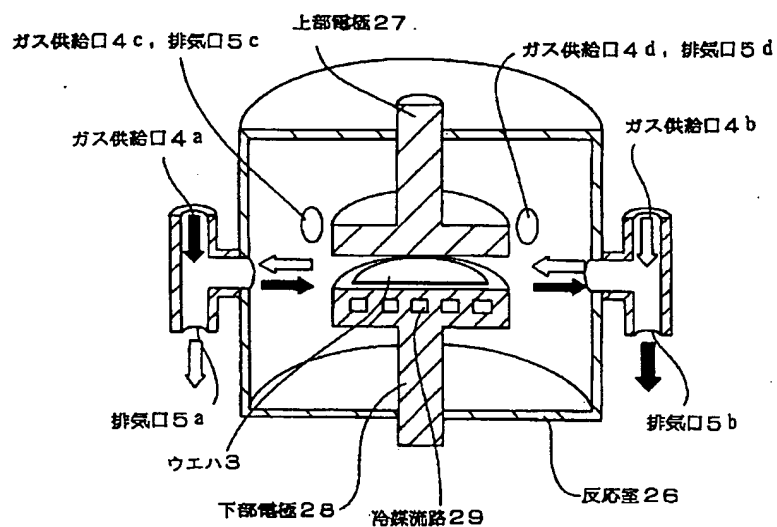


【図19】



(15)

【図20】



フロントページの続き

(72)発明者 内野 敏幸

東京都小平市上水本町五丁目20番1号
株式会社 日立製作所 武蔵工場内

(72)発明者 西内 浩世

東京都小平市上水本町五丁目20番1号
株式会社 日立製作所 武蔵工場内

(72)発明者 藤沢 厚

東京都小平市上水本町五丁目20番1号
株式会社 日立製作所 武蔵工場内

(56)参考文献 特開 平3-46234 (JP, A)
特開 平2-299225 (JP, A)
特開 昭64-71119 (JP, A)
特開 平2-74587 (JP, A)
特開 昭62-249411 (JP, A)
特開 昭60-111420 (JP, A)

(58)調査した分野(Int. Cl.⁷, DB名)

H01L 21/205

H01L 21/3065

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.